

FORMATION OF MINUTE CAVITY AND MINUTE DEVICE HAVING MINUTE CAVITY

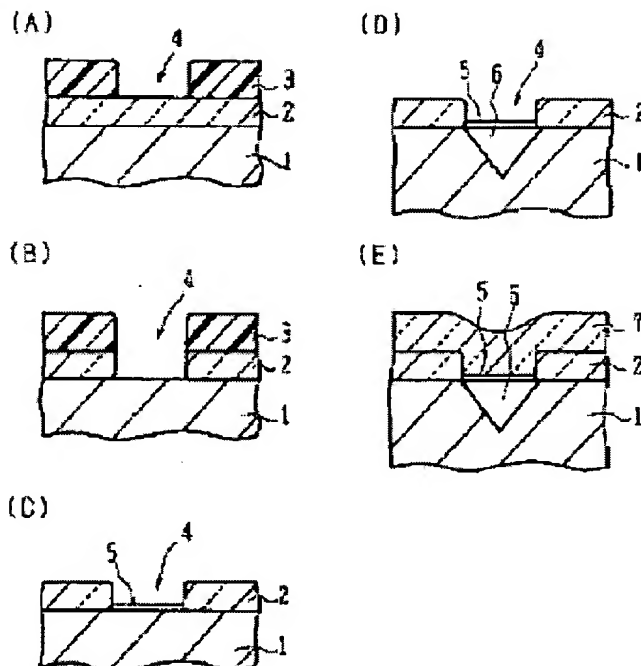
Patent number: JP7193052
 Publication date: 1995-07-28
 Inventor: SUGINO SHIGEYUKI
 Applicant: FUJITSU LTD
 Classification:
 - international: H01L21/3065; C23F1/12; H01L29/84
 - european:
 Application number: JP19930332727 19931227
 Priority number(s):

for IDS

Abstract of JP7193052

PURPOSE: To form a minute cavity with excellent controllability in a silicon substrate by etching the substrate through minute holes included in the specified region of a porous film, forming the cavity beneath the specified region, and forming an upper film layer so as to cover the minute holes on the porous film.

CONSTITUTION: A specified opening 4 is provided in a resist film 3, which is formed on the surface of SiO₂ on the surface of a silicon substrate 1. Then with the resist film 3 as a mask, the SiO₂ film is selectively etched by RIE. The surface of the silicon substrate 1 at the bottom surface of the opening 4 is exposed. Then, the resist film 3 is removed. The substrate is cleaned, and a natural oxide film 5 is formed at the exposed part of the surface of the silicon substrate 1. Then, ultraviolet rays are cast in a chlorine atmosphere. A cavity 6, which is covered with the natural oxide film 5 having many minute holes, is formed in the island shape at the lower part of the opening 4. When an SiO₂ film 7 is deposited on the surface of the substrate, the cavity, which is tightly closed with the SiO₂ film 7, is formed.



特開平7-193052

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065				
C 2 3 F 1/12		8417-4K		
H 0 1 L 29/84		B 8932-4M		
			H 0 1 L 21/ 302	J

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-332727

(22) 出願日 平成5年(1993)12月27日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 杉野 林志

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高橋 敬四郎

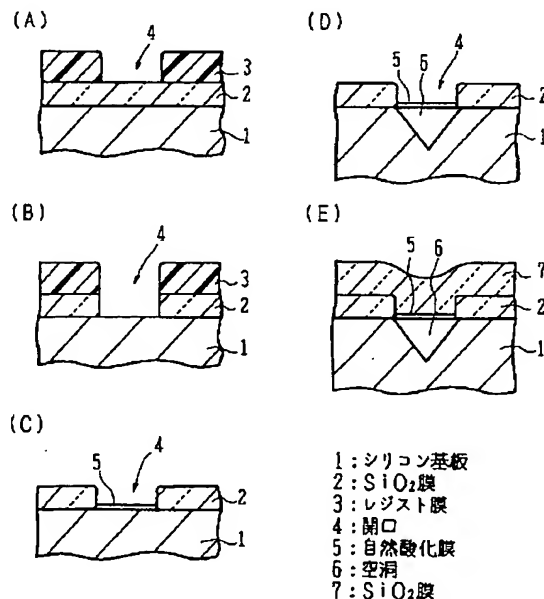
(54) 【発明の名称】 微細空洞形成方法及び微細空洞を有する微小装置

(57) 【要約】

【目的】 シリコン基板に微細な空洞を制御性よく形成することができる加工技術を提供する。

【構成】 シリコン基板表面に、少なくとも不完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜を形成する自然酸化膜形成工程と、前記自然酸化膜の所定領域に含まれる前記不完全部分を通して前記シリコン基板を気相エッチングし、前記自然酸化膜の少なくとも前記所定領域の下に空洞を形成するシリコンエッチング工程と、少なくとも前記自然酸化膜上に前記不完全部分を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む。

第1の実施例



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板表面の少なくとも一部に多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する多孔質膜形成工程と、前記多孔質膜の所定領域に含まれる微細孔を通して前記基板をエッチングし、前記多孔質膜の少なくとも前記所定領域の下に空洞を形成する基板エッチング工程と、少なくとも前記多孔質膜上に前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 2】 前記基板はシリコン基板であり、前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜である請求項 1 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 3】 前記多孔質膜形成工程の前に、前記シリコン基板表面に所定の厚さの下層薄膜を形成する下層薄膜形成工程と、前記下層薄膜の前記所定領域に、前記シリコン基板表面を露出させるように開口を形成する開口形成工程とを含み、前記多孔質膜形成工程は、前記開口の底面に露出した前記シリコン基板表面に自然酸化膜を形成する請求項 2 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 4】 前記基板エッチング工程は、塩素系エッチャントと用いるものであり、前記下層薄膜は、塩素によってエッチングされない材料によって形成されている請求項 3 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 5】 前記下層薄膜は、ポリシリコン膜である請求項 3 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 6】 前記開口形成工程の後に、前記開口を通して前記シリコン基板に n 型不純物をドーピングして n^+ 型領域を形成する工程を含む請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 7】 前記基板エッチング工程は、少なくとも前記所定領域に紫外線を照射しつつエッチングを行う請求項 2 ~ 6 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 8】 前記基板エッチング工程は、塩素を含むプラズマを発生させ、そのうち中性活性粒子のみを用いてエッチングを行う請求項 2 ~ 6 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 9】 前記基板エッチング工程は、レーザビームを前記所定領域に照射しつつエッチングを行う請求項 2 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 10】 前記所定領域は、幅が $2 \mu\text{m}$ 以下の線状の領域である請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 11】 前記所定領域は、直径が $3 \mu\text{m}$ 以下の円内に収容され得る所定の形状を有する領域である請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 12】 前記下層薄膜形成工程の前に、前記シリコン基板表面の前記所定領域を内包する領域に n 型不純物を添加して n^+ 型領域を形成する工程を含む

請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

【請求項 13】 表面の所定の領域に凹部が形成された下地基板と、前記凹部の開口面を覆い、少なくとも一部に形成された多数の微細孔を有する多孔質膜と前記多孔質膜上に形成された上層膜とを含む蓋部材とを含む微細空洞を有する微小装置。

【請求項 14】 エッチング耐性のある表面を有する下地基板上に、該下地基板表面に対してほぼ垂直な側面を有する所定パターンの凸状領域を形成する工程と、前記凸状領域の側面に、エッチング耐性のある側壁保護膜を形成する工程と、前記凸状領域の上面に、多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する工程と、

15 前記微細孔を通して前記凸状領域の少なくとも一部を除去する除去工程と、少なくとも前記多孔質膜上に、前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 15】 前記凸状領域はポリシリコンであり、前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜であり、前記除去工程は、ポリシリコンの前記凸状領域をエッチングによって除去する請求項 14 記載の微細空洞形成方法。

25 【請求項 16】 前記所定パターンは、幅が $2 \mu\text{m}$ 以下の線状のパターンである請求項 15 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 17】 前記所定パターンは、直径が $3 \mu\text{m}$ の円内に収容され得る所定のパターンである請求項 15 記載の微細空洞形成方法。

【請求項 18】 エッチング耐性のある表面を有する下地基板と、前記下地基板上に設けられ、少なくとも内面の一部に多数の微細孔を有する多孔質膜が露出している空洞と、
35 少なくとも前記多孔質膜上に設けられ、前記微細孔を塞ぐように形成された被覆膜とを含む微細空洞を有する微小装置。

【請求項 19】 表面の所定の領域に一方向に長い凹部が形成されたシリコン基板と、

40 前記凹部の開口面の少なくとも一部に形成された島状に微細孔を有する自然酸化膜と、前記自然酸化膜上に、微細孔を塞ぐように形成された、エッチング耐性のある中層膜と、前記中層膜上に設けられ、側面の内面にはエッチング耐性のある表面が露出し、上面の内面には島状に微細孔を有する他の自然酸化膜が露出し、前記凹部と交差するように設けられた一方向に長い空洞と、

45 少なくとも前記他の自然酸化膜上に設けられ、微細孔を塞ぐように形成された上層膜と、
50 前記中層膜及び前記自然酸化膜の前記凹部と前記空洞が

交差する部分に設けられ、前記凹部と前記空洞とを空間的に接続する接合孔とを含む微細空洞を有する微小装置。

【請求項 20】 エッチング耐性のある下地基板上に、中層膜を形成する工程と、
前記中層膜の上に、前記中層膜とはエッチング特性の異なる上層膜を形成する工程と、
前記上層膜及び前記中層膜の所定領域を選択的にエッチングする工程と、
前記中層膜の露出した側面に前記中層膜とはエッチング特性の異なる多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する工程と、
前記多孔質膜を通して前記中層膜を所定の深さエッチングする工程と、
少なくとも前記多孔質膜表面に、前記微細孔を塞ぐように被覆膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 21】 前記中層膜はポリシリコン層であり、前記上層膜は SiO_2 膜であり、前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO_2 膜が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜である請求項 20 記載の微細空洞形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、微細空洞を形成する基板の加工技術に関し、特にシリコン基板に微細な空洞を形成する加工技術に関する。

【0002】 シリコン基板中に形成された微細空洞は、マイクロマシン、微小圧力計、微細真空管等に応用することが可能である。特に、シリコン基板に集積回路を形成する半導体プロセス技術と組み合わせることにより、微細空洞と同一基板上に電子回路を形成することが可能であり、その応用分野は広い。

【0003】

【従来の技術】 従来、シリコン基板の加工技術としては、基板表面に対して垂直方向にのみエッチングする RIE 等の異方性エッチング、結晶の面指数によってエッチング速度が異なることを利用した KOH 水溶液等による異方性エッチング等が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 シリコン基板の加工技術、特に微細加工技術は非常に進んでいるが、新たな加工技術の提供により、さらにシリコン基板の応用分野を広げることができる。

【0005】 本発明の目的は、シリコン基板に微細な空洞を制御性よく形成することができる加工技術を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の微細空洞形成方法は、基板表面の少なくとも一部に多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する多孔質膜形成工程と、前記多孔質

膜の所定領域に含まれる微細孔を通して前記基板をエッチングし、前記多孔質膜の少なくとも前記所定領域の下に空洞を形成する基板エッチング工程と、少なくとも前記多孔質膜上に前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む。

【0007】 前記基板はシリコン基板であり、前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜であってもよい。前記多孔質膜形成工程の前に、前記シリコン基板表面に所定の厚さの下層薄膜を形成する下層薄膜形成工程と、前記下層薄膜の前記所定領域に、前記シリコン基板表面を露出させるように開口を形成する開口形成工程とを実施し、前記多孔質膜形成工程は、前記開口の底面に露出した前記シリコン基板表面に自然酸化膜を形成してもよい。

【0008】 本発明の微細空洞を有する微小装置は、表面の所定の領域に凹部が形成された下地基板と、前記凹部の開口面を覆い、少なくとも一部に形成された多数の微細孔を有する多孔質膜と前記多孔質膜上に形成された上層膜とを含む蓋部材とを含む微細空洞を有する。

【0009】 本発明の他の微細空洞形成方法は、エッチング耐性のある表面を有する下地基板上に、該下地基板表面に対してほぼ垂直な側面を有する所定パターンの凸状領域を形成する工程と、前記凸状領域の側面に、エッチング耐性のある側壁保護膜を形成する工程と、前記凸状領域の上面に、多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する工程と、前記微細孔を通して前記凸状領域の少なくとも一部を除去する除去工程と、少なくとも前記多孔質膜上に、前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む。

【0010】 前記凸状領域はポリシリコンであり、前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜であり、前記除去工程は、ポリシリコンの前記凸状領域をエッチングによって除去するものでもよい。

【0011】 本発明の他の微細空洞を有する微小装置は、エッチング耐性のある表面を有する下地基板と、前記下地基板上に設けられ、少なくとも内面の一部に多数の微細孔を有する多孔質膜が露出している空洞と、少なくとも前記多孔質膜上に設けられ、前記微細孔を塞ぐように形成された被覆膜とを含む微細空洞を有する。

【0012】

【作用】 シリコン基板表面に形成され、少なくとも完全な SiO_2 が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜を通して、シリコン基板を気相エッチングすることにより、自然酸化膜をそのまま残して、その下に空洞を形成することができる。これは、エッチングガスが、自然酸化膜の不完全部分を通過し、シリコン基板を縦方向及び横方向にエッチングするためである。自然酸化膜は空洞の蓋をするように残される。

【0013】自然酸化膜上に薄膜を堆積すると、当初は不完全部分を通過して空洞内にも堆積する。しかし、自然酸化膜上に堆積した薄膜は横方向にも成長するため、最終的には不完全部分を塞ぐ。不完全部分が塞がれた後は、空洞内には堆積しないため、薄膜によって蓋をされた空洞を形成することができる。

【0014】エッチング耐性のある表面を有する下地基板に、所定パターンのポリシリコン領域を形成し、ポリシリコン領域の側面をエッチング耐性のある側壁保護膜で覆い、その上面に自然酸化膜を形成し、自然酸化膜下のポリシリコン領域をエッチングしても、側壁保護膜で囲まれた空洞を形成することができる。

【0015】なお、自然酸化膜に代えて同様の性質を有する多孔質膜を用いることもできる。エッチングも気相に限らず液相でもよい。エッチング対象物もシリコンに限らない。

【0016】

【実施例】図1を参照して本発明の第1の実施例について説明する。図1(A)に示すように、シリコン基板1の表面に、ドライ酸素雰囲気中1000℃で厚さ約300nmのSiO₂膜2を形成する。SiO₂膜2の表面にレジスト膜3を塗布する。レジスト膜3にフォトリソグラフィにより、所定の開口4を設ける。

【0017】図1(B)に示すように、リアクティブイオンエッチング(RIE)によって、レジスト膜3をマスクとしてSiO₂膜2を選択的にエッチングする。SiO₂膜2のエッチングにより、開口4の底面にシリコン基板1の表面が露出する。

【0018】図1(C)に示すように、レジスト膜3を取り除き、アンモニア過酸化水素溶液及び硝酸で基板を洗浄する。基板洗浄することにより、シリコン基板1表面の露出した部分には、自然酸化膜5が形成される。自然酸化膜5の膜厚をXPS(X-ray photoelectron spectroscopy)で測定した結果、8~10Å程度であった。

【0019】なお、自然酸化膜の形成には、濃硫酸、濃硝酸、過酸化水素、過酸化水素と酸もしくはアンモニアとの混合液、またはこれらと純水との混合液、または長時間の純水中浸漬等のシリコン表面を酸化させる作用を有する薬品中で処理してもよい。または、酸素を含む純水中に10分間程度浸漬しておいてもよい。もしくは、室温~750℃の温度で、酸素、オゾン等酸化性を有するガスまたは蒸気にさらしてもよい。

【0020】このように形成した自然酸化膜は、微細な島状にシリコン基板表面が露出しているか、またはSi-Si結合もしくはSi-H結合が密な部分が微細な島状に存在する不完全なSiO₂膜である。本明細書では、800℃以上の熱酸化による完全な酸化膜以外の不完全な酸化膜を自然酸化膜と呼ぶ。

【0021】図1(D)に示すように、塩素雰囲気中

で、圧力20Torr、温度450℃で15分間、250~450nmの波長を有する紫外線を20mW/cm²の強度で照射しながらエッチングを行う。塩素は、SiO₂をほとんどエッチングせず、シリコン基板のみをエッチングする。このため、自然酸化膜5中に微細な島状に存在するSiO₂膜の不完全な部分からエッチングが進行し、アンダーエッチにより、自然酸化膜5の下部のシリコン基板1をエッチングする。

【0022】このようにして、開口4の下部に、島状に多数の微細孔を有する自然酸化膜5によって蓋をされた空洞6が形成される。塩素は、シリコン単結晶の(111)面をほとんどエッチングしないため、空洞6の内面には(111)面が露出する。例えば、(100)面のシリコン基板の場合には、空洞6は四角錐状になる。

【0023】なお、自然酸化膜5の機械的強度の問題から、図1(B)の工程で形成する開口4の大きさは、開口4が一方向に長い場合はその幅が2μm以下であることが好ましい。または、直径約3μmの円に内包される大きさであることが好ましい。

【0024】図1(E)に示すように、基板表面にCVDで厚さ200nmのSiO₂膜7を堆積する。SiO₂膜7の堆積中、当初は自然酸化膜5の孔から原料分子が空洞6内に進入し空洞6の内面にSiO₂膜が堆積するであろうが、同時に自然酸化膜5上にもSiO₂膜が堆積する。自然酸化膜5上にSiO₂膜が堆積すると、その側方にもSiO₂膜が成長し、自然酸化膜5の孔を塞ぐ。なお、SiO₂膜7の堆積には、スパッタ、蒸着等を使用してもよい。

【0025】自然酸化膜5中の微細孔が塞がれた後は、空洞6内にはSiO₂膜が成長せず、SiO₂膜7によって密閉された空洞が形成される。上記実施例では、シリコン基板1の塩素によるエッチングのマスクとしてSiO₂膜を使用する場合について説明したが、塩素によってエッチングされない物質であればその他のものでもよい。

【0026】また、シリコンのエッチングガスは、シリコンをエッチングし、SiO₂をエッチングしないものであれば塩素以外のガスでもよい。例えば、HCl、Br₂、HBr等のガスでもよい。

【0027】図2を参照して、本発明の第2の実施例について説明する。図2(A)に示すように、シリコン基板1表面に、CVDにより厚さ500nmのポリシリコン層10を堆積する。図1(A)~図1(C)の工程と同様に、ポリシリコン層10を選択的にエッチングして所定のパターンを形成し、露出したシリコン基板1表面に自然酸化膜5を形成する。

【0028】図2(B)に示すように、塩素雰囲気中で1分間エッチングを行う。塩素によってポリシリコン層10がエッチングされるが、1分間のエッチングであれば、全てエッチングされることはなく、一部のポリシリ

コンが残る。また、自然酸化膜 5 の下部には、図 1 (D) の工程と同様に、空洞 6 が形成される。

【0029】このように、十分な厚さのマスクを形成しておくことにより、シリコン基板エッチング時のマスクとして塩素によってエッチングされるものを使用することもできる。

【0030】図 3 を参照して本発明の第 3 の実施例について説明する。図 3 (A) に示すように、図 1 (A) ~ 図 1 (B) の工程と同様にシリコン基板 1 表面に開口 4 を有する SiO_2 膜 2、レジスト膜 3 を形成する。レジスト膜 3 及び SiO_2 膜 2 をマスクとして、リン、砒素等の V 族の不純物をシリコン基板 1 にイオン注入し、 n^+ 型領域 1 a を形成する。なお、 SiO_2 膜 2 をマスクとして熱拡散によって、 n^+ 型領域を形成してもよい。

【0031】図 3 (B) に示すように、レジスト膜 3 を除去し、図 1 (C) ~ 図 1 (D) の工程と同様に自然酸化膜 5 を形成し、塩素雰囲気中でシリコン基板 1 をエッチングする。塩素は n^+ 型のシリコンとよく反応し、 n^+ 型領域のエッチング速度が速い。このエッチング速度の差を利用して、ほぼ n^+ 型領域 1 a のみをエッチングすることができる。

【0032】図 3 (C) に示すように、図 1 (E) の工程と同様に基板上に SiO_2 膜 7 を堆積する。このようにして、 n^+ 型領域であった部分に空洞 6 が形成される。上記第 3 の実施例では、 n^+ 型領域 1 a を形成するためのマスク及びシリコン基板 1 をエッチングするためのマスクとして、共に SiO_2 膜 2 を使用したが、異なるマスクを使用してもよい。 SiO_2 膜 2 を形成する前に他の SiO_2 膜を形成し、この SiO_2 膜をマスクとして所定の領域に n^+ 型領域 1 a を形成する。 n^+ 型領域形成のための SiO_2 膜を除去した後、 SiO_2 膜 2 を形成し図 3 (A) ~ 図 3 (C) の工程を行う。

【0033】 n^+ 型領域 1 a の形成とシリコン基板 1 のエッチングのために共通のマスクを使用すると、自然酸化膜 5 の機械的強度の問題から、幅が約 $2\mu\text{m}$ 以上の空洞を形成することは困難である。しかし、異なるマスクを使用することにより、 n^+ 型領域 1 a を、幅 $2\mu\text{m}$ 以上に形成することができる。

【0034】図 3 (B) の工程で、自然酸化膜 5 の孔を通して n^+ 型領域 1 a がエッチングされる際に、横方向にもエッチングが進む。このため、自然酸化膜 5 の幅が $2\mu\text{m}$ 以下であっても、 n^+ 型領域 1 a を大きく形成しておくことにより、幅 $2\mu\text{m}$ 以上の空洞を形成することができる。この場合、空洞 6 の開口部の一部は、自然酸化膜 5 よりも厚い SiO_2 膜 2 によって蓋がされているため、十分な機械的強度を保つことができる。

【0035】図 4 を参照して本発明の第 4 の実施例について説明する。図 4 (A) に示すように、図 1 (D) の工程でシリコン基板 1 をエッチングする際に、紫外線光源 1 5 から波長 $250\text{nm} \sim 450\text{nm}$ の紫外線 1 6 を

基板表面に照射する。塩素分子は波長 $250\text{nm} \sim 450\text{nm}$ の紫外線によって励起せられ、塩素ラジカルが発生する。塩素ラジカルでシリコン基板 1 をエッチングすることにより、エッチング速度を増加させることができる。また、紫外線の強度等を制御することにより、エッチング速度の制御性を向上することができる。

【0036】図 4 (B) に示すように、マイクロ波プラズマ発生装置 1 7 を通して、塩素プラズマを発生し、プラズマのダウンフローを利用してシリコン基板 1 をエッチングしてもよい。プラズマの発生には、 2.45GHz のマイクロ波等を使用することができる。

【0037】図 5 を参照して、本発明の第 5 の実施例について説明する。図 5 (A) に示すように、ガラス基板 2 0 上に、厚さ約 500nm のポリシリコン層 2 1 を形成する。ポリシリコン層 2 1 の表面にレジスト膜 2 2 を塗布し、フォトリソグラフィによりレジスト膜に所定のパターンを形成する。

【0038】図 5 (B) に示すように、レジスト膜 2 2 をマスクとしてポリシリコン層 2 1 をエッチングし、所定パターンのポリシリコン領域 2 1 a を形成する。レジスト膜 2 2 を除去した後、CVD により、ポリシリコン層 2 1 と等しい膜厚またはそれ以上の膜厚を有する SiO_2 膜 2 3 を堆積する。CVD により膜を堆積すると、膜はほぼ等方的に成長する。このため、ポリシリコン領域 2 1 a の側面にも SiO_2 膜 2 3 が成長する。

【0039】図 5 (C) に示すように、 SiO_2 膜 2 3 を堆積した膜厚分 RIE によりエッチングする。RIE でエッチングすると、基板表面に対してほぼ垂直な方向にのみエッチングされるため、ポリシリコン領域 2 1 a の側面に SiO_2 の側壁保護膜 2 3 a が残される。

【0040】次に、図 1 (C) の工程と同様にポリシリコン領域 2 1 a の表面に自然酸化膜 2 4 を形成する。このとき、ポリシリコン領域 2 1 a 表面は RIE によりダメージを受けている。このダメージを除去するために、自然酸化膜 2 4 形成前に、ポリシリコン領域 2 1 a の表面を薄く酸化して弗酸を含むエッチャントで薄い酸化膜をエッチングしてもよい。または、ダメージを与えないエッチングによりポリシリコン領域 2 1 a の表面を薄くエッチングしておいてもよい。

【0041】図 5 (D) に示すように、図 1 (D) の工程と同様の方法により、塩素雰囲気中で、自然酸化膜 2 4 を介してポリシリコン領域 2 1 a をエッチングする。自然酸化膜 2 4 は、側壁保護膜 2 3 a で支えられて元の位置に残る。

【0042】図 5 (E) に示すように、基板上に CVD により SiO_2 膜 2 5 を堆積する。自然酸化膜 2 4 上に堆積した SiO_2 膜 2 5 が、自然酸化膜 2 4 の微細孔を塞ぐため、ガラス基板 2 0、側壁保護膜 2 3 a 及び自然酸化膜 2 4、 SiO_2 膜 2 5 によって囲まれた空洞 2 6 が形成される。

【0043】なお、基板20は、必ずしもガラスである必要はなく、塩素によって侵されないものであればその他の材質であってもよい。また、 SiO_2 膜25は、自然酸化膜上に堆積するものであればその他のものでもよい。例えば、ポリシリコン膜等でもよい。

【0044】このように、自然酸化膜を SiO_2 等の側壁保護膜で支えることにより、シリコン基板に限らずガラス基板等の表面にも微細空洞を形成することができる。図6を参照して、本発明の第6の実施例について説明する。

【0045】シリコン基板31表面に、図1(A)～図1(E)に示す第1の実施例と同様の方法でV字状の下部空洞溝36を形成する。シリコン基板31表面の下部空洞溝36以外の部分は、 SiO_2 膜32で覆われている。下部空洞溝36上には、自然酸化膜35が残っており、自然酸化膜35及び SiO_2 膜32は SiO_2 膜37で覆われている。

【0046】次に、 SiO_2 膜37上に、図5(A)～図5(E)に示す第5の実施例と同様の方法で、側壁保護膜43、自然酸化膜44で囲まれた上部空洞溝46を、下部空洞溝36と交差するように形成する。基板表面は、例えば SiO_2 膜45で覆われている。このように、複数本の空洞溝を交差して配置することもできる。

【0047】また、交差部分の SiO_2 膜37及び自然酸化膜35に、表面の SiO_2 膜45及び自然酸化膜44を介して接合孔37を形成することにより、2本の空洞溝を接合することができる。

【0048】図7を参照して本発明の第7の実施例について説明する。図7(A)に示すように、島状に微細孔を有する不完全な自然酸化膜51が表面に形成されたシリコン基板50を準備する。シリコン基板50を塩素雰囲気中に配置し、レーザビーム53を基板表面の所定領域に照射する。レーザビームが照射された部分で塩素ラジカルが発生し、この部分でシリコン基板50がエッチングされる。レーザビームが照射されない部分では、条件を適切に選ぶことによりほとんどエッチングが進まないようにする。

【0049】レーザビーム52のレーザ光源52としては、アルゴンレーザ、He-Neレーザ、ArF等のエキシマレーザ等のシリコン表面を活性化し、もしくは塩素ラジカルを生成することができるレーザを使用することができる。なお、レーザビームの強度は、自然酸化膜51の変質または蒸発を防ぐため、 $1\text{W}/\mu\text{m}^2$ 以下にすることが好ましい。

【0050】図7(B)に示すように、自然酸化膜51上に SiO_2 膜55をCVD等により堆積する。このようにして、シリコン基板50のエッチング保護のためのマスクを使用することなく、レーザビーム53を照射した部分にのみ空洞54を形成することができる。レーザビームを走査することにより、所望のパターンに空洞を

形成することもできる。

【0051】図8を参照して本発明の第8の実施例について説明する。図8(A)に示すように、熱酸化膜100上に、CVD等によりポリシリコン層101を堆積し、その表面を熱酸化し SiO_2 膜102を形成する。 SiO_2 膜102上に所定のパターンのレジスト膜を形成し、RIE等により SiO_2 膜102を選択的にエッチングする。続いてRIE等によりポリシリコン層101を選択的にエッチングし、その側面を露出させる。

【0052】ポリシリコン層101の露出した側面に、図1(C)の工程と同様の方法で自然酸化膜103を形成する。図8(B)に示すように、図1(D)の工程と同様の方法で自然酸化膜103を通してポリシリコン層101を所定の深さエッチングする。自然酸化膜103は、その上辺を SiO_2 膜102に支えられているため、元の位置に残留する。

【0053】ポリシリコン層101の紙面に平行な側面が、 SiO_2 膜102で覆われている場合には、上面が SiO_2 膜102、下面が SiO_2 膜100、側面がポリシリコン層101及び自然酸化膜103で囲まれた空洞104が形成される。また、ポリシリコン層101の周囲の側面が全て露出している場合には、ポリシリコン層101を取り囲む環状の空洞104が形成される。

【0054】図8(C)に示すように、CVD等により基板表面にポリシリコン層105を堆積する。ポリシリコン層105はほぼ等方的に堆積するため、自然酸化膜103の側面にも堆積する。このようにして、空洞104を密閉することができる。

【0055】次に、基板中に形成された微細空洞の微小装置への適用例について説明する。図9は、基板中に形成した微細空洞を利用した微小圧力計を示す。シリコン基板60内に、図3に示す第3の実施例と同様の方法で空洞64が形成されている。シリコン基板60上には、空洞64に相当する部分に開口を有する SiO_2 膜61が形成されている。 SiO_2 膜61の開口部には自然酸化膜65が形成されている。 SiO_2 膜61及び自然酸化膜65上に、ポリシリコン膜62が形成されている。ポリシリコン膜62上の空洞64に相当する位置には薄膜の圧電体63が貼り付けられている。圧電体63には、図には示さない電極が設けられており、電極からリード線66が引き出されている。

【0056】ポリシリコン膜62は、キャリアガスとしてアルゴン等の不活性ガスを使用して堆積することが好ましい。不活性ガスを使用することにより、空洞64内には、不活性ガスが閉じ込められる。

【0057】空洞64内の圧力と外部の圧力とに差があれば、圧電体63に圧力差に対応する歪みが生ずる。この歪みにより、圧電体63に設けられた電極間に電圧が生ずる。この電圧を検出し、圧力を求めることができる。このように、大きさが数 μm 程度の微小圧力計を作

製することができる。

【0058】図10は、シリコン基板に形成した微細空洞で素子分離を行う例を示す。シリコン基板70表面に微細空洞71、72が所定の間隔で形成されている。微細空洞71、72に挟まれたシリコン基板70表面には、例えば、ソース領域76、ドレイン領域77及び絶縁ゲート構造を有するゲート電極73が形成されている。ソース領域76、ドレイン領域77上には、それぞれソース電極74、ドレイン電極75が形成されている。

【0059】このようにして、空洞71、72に挟まれた領域を、電氣的に他の領域から分離することができる。本方法によれば、LOCOS法またはV字状の溝を SiO_2 で埋める方法によって素子分離する場合にくらべて寄生容量が小さく、歪みの少ないシリコン基板表面を得ることができる。

【0060】図11は、シリコン基板内の微細空洞中に微細真空管を形成した例を示す。図11(A)に示すように、 n^+ 型シリコン基板80上にCVD等により SiO_2 膜81を形成する。 SiO_2 膜81上に塩素でエッチングされ難いタングステン、チタンまたはニッケル等の金属膜を蒸着等により形成する。

【0061】図11(B)に示すように、 SiO_2 膜81及び金属膜82に所定の形状の開口85を設ける。さらに、開口85を埋めるようにして、ポリシリコン膜83及び SiO_2 膜84を基板上に形成する。ポリシリコン膜83は、開口85を形成後直ちに堆積し、シリコン基板80の露出した表面に自然酸化膜が形成されないようにする。

【0062】図11(C)に示すように、 SiO_2 膜84に、開口85の直上からわずかにずれた位置に開口86を形成する。開口86の底面に露出したポリシリコン膜83の表面に自然酸化膜87を形成する。

【0063】図11(D)に示すように、塩素雰囲気中で自然酸化膜87に形成されている孔を介してポリシリコン膜83をエッチングする。金属膜82は、塩素によってエッチングされないため、エッチングは主に横方向に進み、開口85に達する。ポリシリコン膜83が、開口85の底面までエッチングされると、次に n^+ 型シリコン基板80がエッチングされ、空洞89が形成される。

【0064】シリコン基板80がエッチングされ、所定の大きさの空洞89が形成された後、基板表面にCVD等により SiO_2 膜88を堆積する。なお、ポリシリコン膜83のエッチングの際に、所定領域のみを除去したい場合には、ポリシリコン膜83の堆積後イオン注入等により除去したい部分のみを n^+ 型領域にしておけばよい。

【0065】図11(E)は、 SiO_2 膜84及び88を取り除いたときの空洞89部分の平面図を示す。金属

膜82により形成されたエミッタ電極E、コレクタ電極Cが空洞89の互いに対向する辺から空洞内に突出している。また、他の辺からは、同じく金属膜82により形成されたベース電極Bが空洞内に突出し、その先端は、エミッタ電極E、コレクタ電極Cの先端近傍に配置されている。

【0066】このように、微細空洞内にエミッタ電極E、コレクタ電極C及びベース電極Bが突出して形成された微細真空管を形成することができる。なお、開口87を開口85の直上からずらせたのは、 SiO_2 膜88形成時に、自然酸化膜87の微細孔を通して各電極先端に SiO_2 膜が堆積するのを避けるためである。

【0067】図12は、重水素(D)と白金(Pt)系の余剰熱を検出するための装置構成を示す。第1の実施例と同様の方法で、シリコン基板90、 SiO_2 膜91、自然酸化膜94、ポリシリコン膜92により構成される空洞95を形成する。ポリシリコン膜92は、 SiD_4 と D_2 を含む混合ガスを使用してCVDにより形成する。 SiD_4 と D_2 を使用することにより、空洞95内には D_2 が満たされ、ポリシリコン膜92中にもDが含まれる。

【0068】ポリシリコン膜92上の空洞95直上部にPt電極93を形成する。Pt電極93にシリコン基板90に対して負の電圧を印加すると、 D_2 /Pt系の余剰熱を検出することができる。

【0069】また、本装置構成においては、装置全体が微細であり、かつ密封性に優れており、外部からの不純物の影響が極めて少ないため、安定して余剰熱を検出することができる。

【0070】上記実施例では、空洞を形成する際にエッチングガスを透過させる膜として、自然酸化膜を使用する場合について説明したが、当該エッチングガスによってほとんどエッチングされず、かつエッチングガスを透過させる孔を有するものであれば、自然酸化膜以外の膜を使用してもよい。エッチングも気相に限らず液相で行ってもよい。

【0071】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、シリコン基板内に、またはガラス等の基板上に微細な空洞を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図である。

【図3】本発明の第3の実施例による微細空洞形成方法

を説明するための基板の断面図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図及び紫外線光源、プラズマ源の概略側面図である。

【図 5】本発明の第 5 の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図である。

【図 6】本発明の第 6 の実施例によって形成した微細空洞を有する基板の斜視図である。

【図 7】本発明の第 7 の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図及びレーザ光源の概略側面図である。

【図 8】本発明の第 8 の実施例による微細空洞形成方法を説明するための基板の断面図である。

【図 9】本発明の実施例によって形成した微細空洞を利用した微小圧力計の断面図である。

【図 10】本発明の実施例によって形成した微細空洞を利用して素子分離を行った基板の断面図である。

【図 11】本発明の実施例を利用して微細空洞を利用した微細真空管を形成する方法を説明するための基板の断面図、及び電極の平面図である。

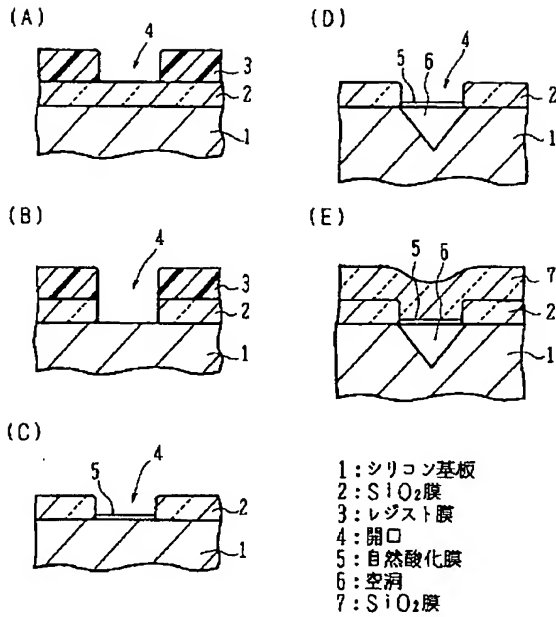
【図 12】本発明の実施例によって形成した微細空洞を利用して D_2/Pt 系余剰熱を検出する方法を説明するための基板の断面図である。

【符号の説明】

1	シリコン基板	32、37、45	SiO_2 膜
1a	n^+ 型領域	35	自然酸化膜
2、7	SiO_2 膜	36	下部空洞溝
3	レジスト膜	37	接合孔
4	開口	05 43	側壁保護膜
5	自然酸化膜	44	自然酸化膜
6	空洞	46	上部空洞溝
10	ポリシリコン層	50	シリコン基板
15	紫外線光源	51	自然酸化膜
16	紫外線	10 52	レーザ光源
17	マイクロ波プラズマ発生装置	53	レーザビーム
20	ガラス基板	54	空洞
21	ポリシリコン層	55	SiO_2 膜
21a	ポリシリコン領域	60	シリコン基板
22	レジスト膜	15 61	SiO_2 膜
23、25	SiO_2 膜	62	ポリシリコン膜
23a	側壁保護膜	63	圧電体
24	自然酸化膜	64	空洞
26	空洞	65	自然酸化膜
31	シリコン基板	20 66	リード線
		70	シリコン基板
		71、72	空洞
		73	ゲート電極
		74	ソース電極
		25 75	ドレイン電極
		76	ソース領域
		77	ドレイン領域
		80	n^+ 型シリコン基板
		81、84、88	SiO_2 膜
		30 82	金属膜
		83	ポリシリコン膜
		85、86	開口
		87	自然酸化膜
		89	空洞
		35 90	シリコン基板
		91	SiO_2 膜
		92	ポリシリコン膜
		93	Pt 電極
		94	自然酸化膜
		40 95	空洞
		100、102	SiO_2 膜
		101、105	ポリシリコン層
		103	自然酸化膜
		104	空洞

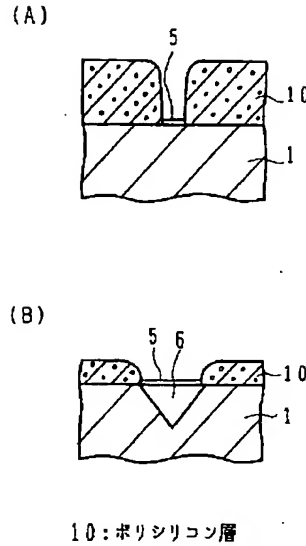
【図 1】

第 1 の実施例



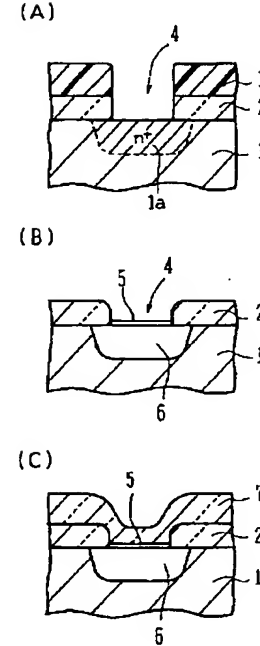
【図 2】

第 2 の実施例



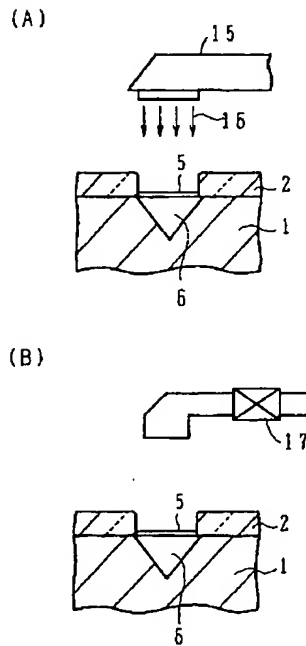
【図 3】

第 3 の実施例



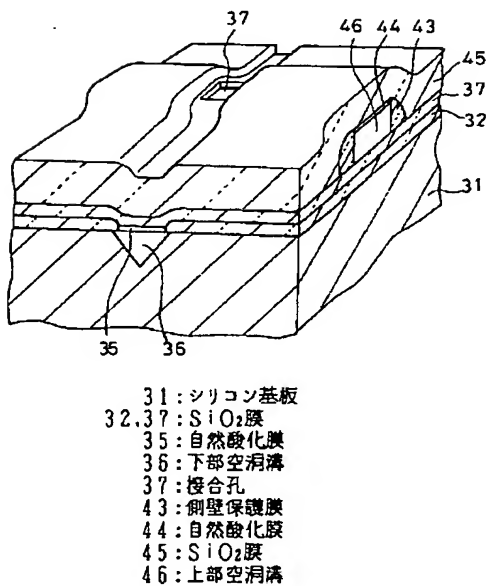
【図 4】

第 4 の実施例



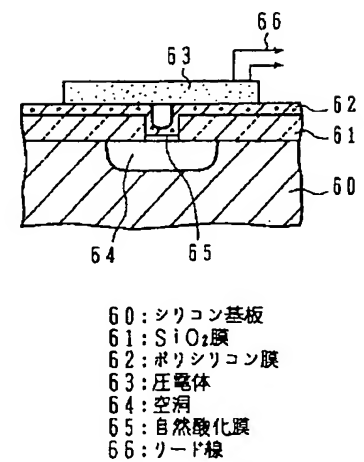
【図 6】

第 6 の実施例



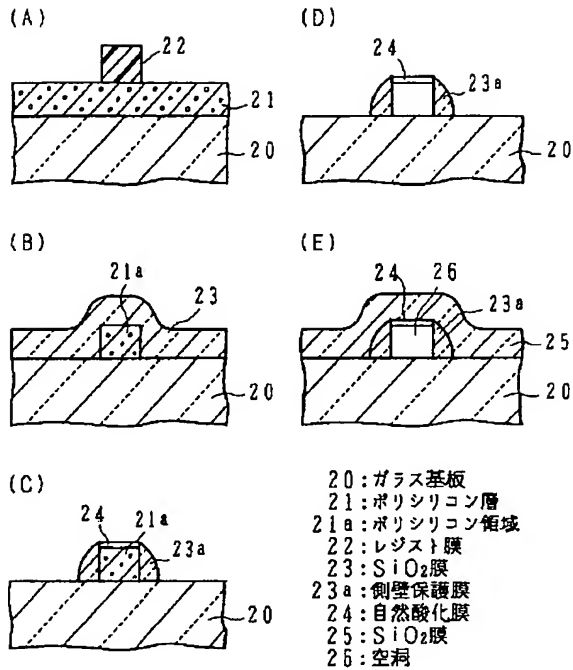
【図 9】

微小圧力計



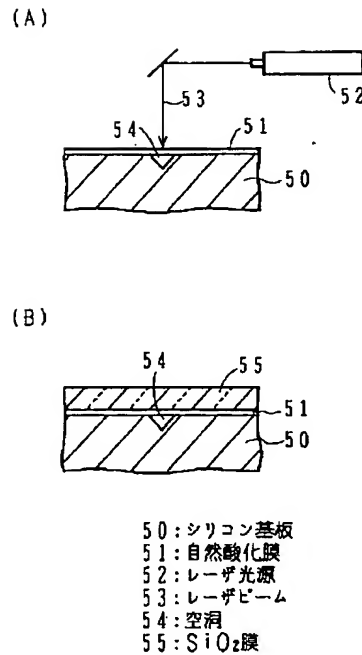
【図 5】

第 5 の実施例



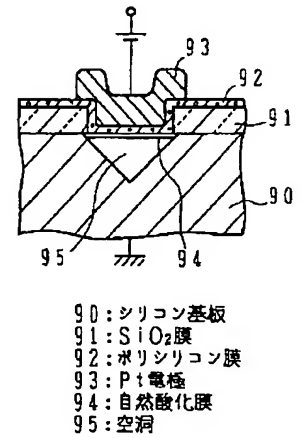
【図 7】

第 7 の実施例



【図 12】

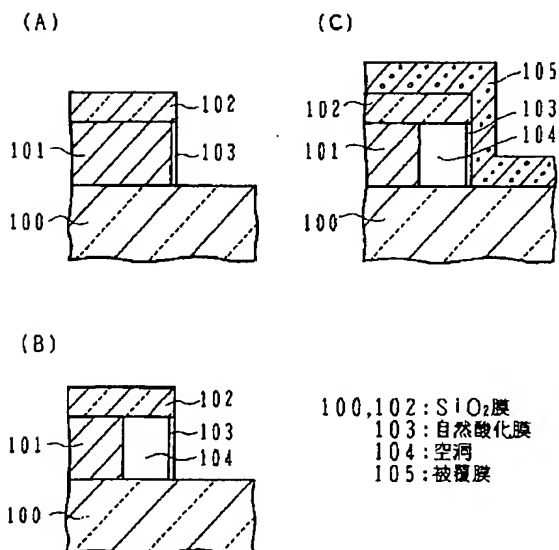
D₂/Pt 系余熱熱の検出



25

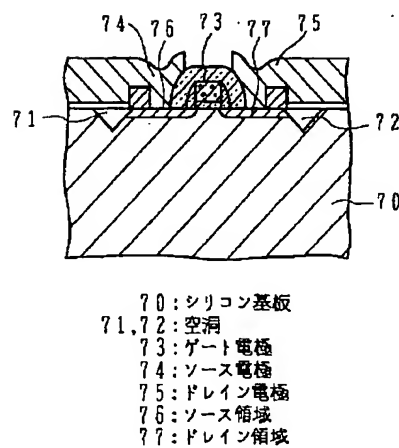
【図 8】

第 8 の実施例



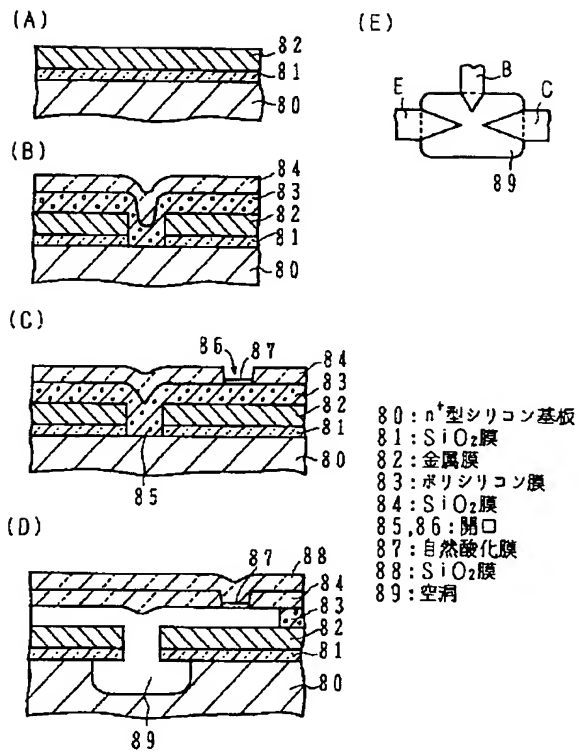
【図 10】

素子分離



【図 11】

微細真空管



【公報種別】特許法第 1 7 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 1 3 年 9 月 7 日 (2 0 0 1 . 9 . 7)

【公開番号】特開平 7 - 1 9 3 0 5 2
 【公開日】平成 7 年 7 月 2 8 日 (1 9 9 5 . 7 . 2 8)
 【年通号数】公開特許公報 7 - 1 9 3 1
 【出願番号】特願平 5 - 3 3 2 7 2 7
 【国際特許分類第 7 版】

H01L 21/3065

C23F 1/12

H01L 29/84

【 F I 】

H01L 21/302 J

C23F 1/12

H01L 29/84 B

【手続補正書】

【提出日】平成 1 2 年 1 0 月 2 7 日 (2 0 0 0 . 1 0 . 2 7)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板表面の少なくとも一部に多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する多孔質膜形成工程と、前記多孔質膜の所定領域に含まれる微細孔を通して前記基板をエッチングし、前記多孔質膜の少なくとも前記所定領域の下に空洞を形成する基板エッチング工程と、少なくとも前記多孔質膜上に前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 2】 前記多孔質膜形成工程の前に、前記基板表面に所定の厚さの下層薄膜を形成する下層薄膜形成工程と、前記下層薄膜の前記所定領域に、前記基板表面を露出させるように開口を形成する開口形成工程とを含み、前記多孔質膜形成工程は、前記開口の底面に露出した前記基板表面に自然酸化膜を形成する請求項 1 に記載の微細空洞形成方法。

【請求項 3】 前記基板表面の前記所定領域を内包する領域に n 型不純物を添加して n⁺ 型領域を形成する工程を含む請求項 1 または 2 に記載の微細空洞形成方法。

【請求項 4】 エッチング耐性のある表面を有する下地基板上に、該下地基板表面に対してほぼ垂直な側面を有する所定パターンの凸状領域を形成する工程と、前記凸状領域の側面に、エッチング耐性のある側壁保護膜を形成する工程と、前記凸状領域の上面に、多数の微細孔を有する多孔質膜

を形成する工程と、

20 前記微細孔を通して前記凸状領域の少なくとも一部を除去する除去工程と、

少なくとも前記多孔質膜上に、前記微細孔を塞ぐように上層膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 5】 エッチング耐性のある下地基板上に、中

25 層膜を形成する工程と、

前記中層膜の上に、前記中層膜とはエッチング特性の異なる上層膜を形成する工程と、

前記上層膜及び前記中層膜の所定領域を選択的にエッチングする工程と、

30 前記中層膜の露出した側面に前記中層膜とはエッチング特性の異なる多数の微細孔を有する多孔質膜を形成する工程と、

前記多孔質膜を通して前記中層膜を所定の深さエッチングする工程と、

35 少なくとも前記多孔質膜表面に、前記微細孔を塞ぐように被覆膜を形成する工程とを含む微細空洞形成方法。

【請求項 6】 前記多孔質膜は少なくとも完全な SiO₂ 膜が形成されていない不完全部分を島状に含む自然酸化膜である請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の微細空洞形成方法。

40 【請求項 7】 表面の所定の領域に凹部が形成された下地基板と、

前記凹部の開口面を覆い、少なくとも一部に形成された多数の微細孔を有する多孔質膜と前記多孔質膜上に形成された上層膜とを含む蓋部材とを含む微細空洞を有する微小装置。

【請求項 8】 エッチング耐性のある表面を有する下地基板と、

前記下地基板上に設けられ、少なくとも内面の一部に多数の微細孔を有する多孔質膜が露出している空洞と、

少なくとも前記多孔質膜上に設けられ、前記微細孔を塞ぐように形成された被覆膜とを含む微細空洞を有する微小装置。

【請求項 9】 表面の所定の領域に一方向に長い凹部が形成されたシリコン基板と、
前記凹部の開口面の少なくとも一部に形成された島状に微細孔を有する自然酸化膜と、
前記自然酸化膜上に、微細孔を塞ぐように形成された、エッチング耐性のある中層膜と、
前記中層膜上に設けられ、側面の内面にはエッチング耐

性のある表面が露出し、上面の内面には島状に微細孔を有する他の自然酸化膜が露出し、前記凹部と交差するように設けられた一方向に長い空洞と、

05 少なくとも前記他の自然酸化膜上に設けられ、微細孔を塞ぐように形成された上層膜と、
前記中層膜及び前記自然酸化膜の前記凹部と前記空洞が交差する部分に設けられ、前記凹部と前記空洞とを空間的に接続する接合孔とを含む微細空洞を有する微小装置。

10